RESEARCH HIGHLIGHT

April 2005

Socio-economic Series 05-011

MEASURING THE EFFORT NEEDED TO CLIMB ACCESS RAMPS IN A MANUAL WHEELCHAIR

INTRODUCTION

Obstacles that make it difficult or impossible for people with disabilities to enter or leave public areas, public buildings and private residences are often causes of social isolation. Over the past 15 years, social policies have attempted to minimize these obstacles.

Ramps are the usual choice to make buildings accessible to people who use wheelchairs. A variety of standards exist for the slope of wheelchair access ramps.[1] The most frequently suggested standard for both personal and universal accessibility is a slope of 1 in 12;[2] that is, a ramp that rises one unit for every 12 units in length.

CMHC recommends a standard of 1 in 20 for people 65 years of age or older and suggests that slopes steeper than 1 in 12 should be avoided.[3] The National Building Code of Canada[4] generally recommends the 1 in 20 slope since it is "safer and less strenuous." The Code notes that even a slope of 1 in 16 can be difficult or even dangerous for some people with reduced mobility, particularly during the winter.

The government of Quebec accepts a slope of 1 in 8.[5] CMHC also accepts a slope of 1 in 8 for internal ramps that are 2.5 metres long when it is absolutely impossible to do otherwise.[6] Martel and De Sart say that a 1 in 8 slope is only for ramps for motorized wheelchairs.[7]

Kushner, Falta & Aitkens say that the most frequently used standard is 1 in 12, but for short distances, they support slopes of 1 in 10 and 1 in 8.[8]

To construct ramps with the gentler slopes in existing buildings can be problematic at times because of lack of space. At the same time, there is not much literature scientifically demonstrating the different physical efforts required by slopes of 1 in 10, 1 in 12 and 1 in 20. Furthermore, most of the few studies that have been conducted are limited because they examined mainly men who were paraplegic as the result of a spinal cord injury and in excellent physical shape.[9]

The main goal of this research was to measure the physical effort needed by people who do not normally use a wheelchair to climb, in a manual wheelchair, each of the three most common slopes — 1 in 10, a less-steep slope of 1 in 12, and an even gentler slope of 1 in 20.

The research was conducted at the Natural Sciences and Engineering Research Council (NSERC) in the laboratory of the Industrial Research Chair on Wheelchair Seating Aids, in the Pavillon Jean-Brillant of the École Polytechnique de Montréal.

METHODOLOGY

The researchers calculated the mechanical efficiency needed by study participants to climb each slope in a wheelchair. This was measured by muscle-strength ratios—the push force used when climbing the slope, divided by the maximum push force the study participants could produce.

There were two research hypotheses:

1. physical requirements vary according to the slope, and
2. the ability to propel a wheelchair varies with age.

SUBJECT SELECTION

The subjects selected for the research were 39 men and women who did not normally use wheelchairs, ranging in age from 18 to 64. Two age groups were studied—18 to 39 and 40 to 64.

EXPERIMENT

There were four phases to the research. In the first phase, the researchers measured each subject's maximum isometric force in static situations, i.e., the maximum force used by the subjects to roll a manual wheelchair on the spot (the wheelchair's rear wheels

rested on a roller). In the next three phases, the researchers assessed mechanical efficiency of manual propulsion, over short periods, for each of the three slopes.

The test subjects used a manual wheelchair with standard back and seat.[10] The wheelchair propulsion rail was replaced by a rail with instruments that measured the force exerted, using the SmartWheel.[11]

The wheelchair's rear wheels rested on a roller. The front wheels were fixed to a platform that could be tilted to simulate the three slopes.

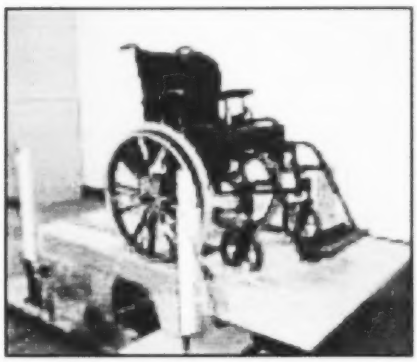

Photo 1: Experimental wheelchair set-up

PROCEDURE

A doctoral student in biomedical engineering was responsible for operating the equipment and taking the measurements. An undergraduate student in occupational therapy recruited the participants and carried out the experiment with them.

The experiment included anthropometric and grip strength measurements; a static study, in which participants sat in the wheelchair and the isometric forces were measured using two hand angles, zero and 30 degrees; and, a dynamic study, in which participants sat in the wheelchairs and climbed a 10-metre ramp three times, once for each slope. There was a five-minute rest between each trial. The total experiment lasted 90 minutes for each participant.

Data analysis and processing

The statistical data analysis was conducted using an analysis of variance (ANOVA)[12] of two factors (age and ramp slope), and statistical software.[13] The voluntary isometric force (highest force exerted by the subject on the propulsion rail) was measured using the SmartWheel (static study). For the dynamic study, the total force measured was that resulting from the tangential, radial and axial forces. The highest total force for each cycle was retained. The researchers calculated the average of these total forces. The tangential force and the total force were calculated the same way.

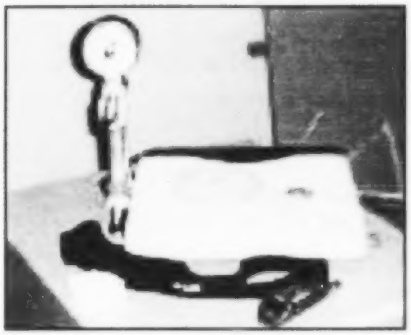

Photo 2: Device used to take anthropometric measurements.

FINDINGS

This study showed that mechanical efficiency varies significantly when an individual in a manual wheelchair climbs a 1 in 20 slope as compared to the 1 in 12 and 1 in 10 slopes.[14] The 1 in 20 ramp is easiest to climb, compared to the 1 in 12 and 1 in 10 slopes.

Based on current literature,[15] participants' subjective comments during the experiment, and on the day-to-day observations of people who use wheelchairs, the researchers expected to find a significant difference between the 1 in 12 and 1 in 10 slopes. As noted by Sanford,[16] not only is a slope of 1 in 10 considered much too difficult to climb, but a slope of 1 in 12 is starting to be perceived as too steep.

However, in this research there was no significant difference in physical effort between the 1 in 12 and 1 in 10 slopes. Mechanical efficiency was similar for both.

Observations from this study show that age does not seem to affect the ability to climb the 1 in 10, 1 in 12 and 1 in 20 slopes, at least between the two groups examined of 18–39 years and 40–64 years.[17]

In light of the results of this study, individuals, such as occupational therapists, building construction professionals, such as architects, and decision-makers, such as lawmakers, should consider ramps with a 1 in 20 slope. The 1 in 20 slope is less physically demanding and can serve a wider range of wheelchair users.

Although, subjectively, wheelchair users and participants in this research indicated that the 1 in 10 slope requires a greater effort than the 1 in 12 slope, the results of this research did not demonstrate any significant differences.

Lack of space for building access ramps with a 1 in 20 slope in existing buildings can be a major limitation. The 1 in 10 slope is economically advantageous because it makes a shorter ramp, can be built in less space and therefore is cheaper.

106-02971/

Photo 3: Experimental set-up for the static study.

One empirically observed factor must be considered for high-slope ramps: the risk of tipping over backwards. The Sanford[8] study raised this issue. It indicated that wheelchair users were worried when they faced ramps that were too steep. This factor should therefore be considered when designing access ramps.

This study did not consider climatic factors such as wind, ice, snow and rain, which may influence the effort and safety involved in climbing, and even more in descending, an access ramp. Additional research dealing with climatic factors and the physical effort and risks of descending access ramps is worthy of further exploration.

CONCLUSION

The results of this study offer an initial reflection regarding the application of currently recommended slope standards for access ramps. Based on the scientific data presented, the 1 in 20 slope makes access ramps much easier to use. If a 1 in 20 slope is not possible in existing buildings because of lack of space, the 1 in 10 slope is an alternative to the 1 in 12 slope because it needs less space than the 1 in 12 slope and does not seem to be more physically demanding.

Additional studies involving the 65+ population, people who use wheelchairs, and to explore the risks of tipping when descending access ramps in manual wheelchairs need to be conducted.

---

[1] Cappozzo A., Felici, F., Figura, F., Marchetti, M., and Ricci, B. (1991). *Prediction of Ramp Traversability for Wheelchair Dependent Individuals*. Paraplegia, 29 (7), 470-478. Betty Dion Enterprises Ltd. in partnership with the Canadian Institute on Barrier-Free Design (2000). *International Best Practices in Universal Design: A Comparative Study*, prepared for Agriculture and Agri-Food Canada and The Canadian Food Inspection Agency.

[2] National Research Council of Canada (1995); Kushner, C., Falta, P. L. and Aitkens, A. (1983). *Making your Home Accessible: A disabled Consumer's Guide*. Ottawa: Canadian Housing Design Council and Policy Analysis, Research and Liaison Branch, Bureau of Policy Coordination, Consumer and Corporate Affairs, Canada.

[3] Canada Mortgage and Housing Corporation (CMHC). (1982). *Housing Disabled Persons*. Ottawa: Canada Mortgage and Housing Corporation (CMHC). (1987). *Housing for Elderly People: Design Guidelines*, Ottawa.

[4] National Research Council of Canada (1995). *National Building Code of Canada*, 1995, 11th edition, Appendix A. Ottawa: Canadian Commission on Building and Fire Codes, National Research Council of Canada.

[5] Government of Québec, 1985.

[6] Canada Mortgage and Housing Corporation (CMHC), 1982. *Housing Disabled Persons*.

[7] Martel, S., and Sart, M. D. (1988). Accès cible. Montréal : Éditions Saint-Martin; Institut de réadaptation de Montréal.

[8] Kushner, C., Falta, P. L., and Aitkens, A. (1983). *Making Your Home Accessible: A Disabled Consumer's Guide*. Ottawa: Canadian Housing Design Council and Policy Analysis, Research and Liaison Branch, Bureau of Policy Coordination, Consumer and Corporate Affairs, Canada.

[9] Cappozzo A., Felici, F., Figura, F., Marchetti, M., and Ricci, B. (1991). *Prediction of Ramp Traversability for Wheelchair Dependent Individuals.* Paraplegia, 29 (7), 470-478. Canale, I., Felici, F., Marchetti, M., and Ricci, B. (1991), *Ramp Length/Grade Prescriptions for Wheelchair Dependent Individuals.* Paraplegia, 29 (7), 479-485.

[10] A Prima manual wheelchair made by Orthofab Inc. of Québec.

[11] The SmartWheel is a rim on a three-beam, strain gauge system with the beams positioned at 120 degrees. The strain gauge enabled the researchers to calculate the resultant force, and the three axial, radial and tangential components of the force. Asato, K. T., Cooper, R. A., Robertson, R.N., and Ster, J. F. (1993). SMARTWheels: Development and Testing of a System for Measuring Manual Wheelchair Propulsion Dynamics. IEEE Transactions on biomedical engineering, 40, (12), 1320-1324.

[12] Fleiss, J. L. (1986). *The design and analysis of clinical experiments.* New York: Toronto: Wiley.

[13] BMDP Statistical Software Inc. (1993). BMDP/DYNAMIC (Version release 7.0) {Logiciel informatique} Los Angeles, CA.

[14] F=49.34, degrees of freedom=2, 74, p< 0.001.

[15] Sanford, J. A., Story, M. F., and Jones, M. L. (1997). *An Analysis of the Effects of Ramp Slope on People with Mobility Impairments.* Assistive Technology, 9 (1), 22-23; National Research Council of Canada (1995). *National Building Code, Canada 1995* (11th edition), Appendix A. Ottawa: Canadian Commission on Building and Fire Codes, National Research Council of Canada.

[16] Sanford et al. (1997).

[17] F=1.40, degrees of freedom=1, 37, p=0.2446.

[18] Sanford et al. (1997).

CMHC Project Manager: Luis Rodriguez, Policy and Research Division

Research Consultants: Jacqueline Rousseau, Ph.D. Associate Professor, Université de Montréal, School of Rehabilitation, Occupational Therapy Program, and Researcher at the Research Centre of the Institut universitaire de gériatrie de Montréal.

Rachid Aissaoui, Ph.D., Associate Professor, École de technologie supérieure (ETS), Department of Automated Production Engineering.

Daniel Bourbonnais, Ph.D., Full Professor, Université de Montréal, School of Rehabilitation, Occupational Therapy Program, and Researcher at the Research Centre of the Institut de réadaptation de Montréal.

This project was funded (or partially funded) by Canada Mortgage and Housing Corporation (CMHC) under the terms of the External Research Program (ERP), an annual research grant competition. The views expressed are the personal views of the author(s) and do not represent the official views of CMHC. For more information on the ERP, please visit the CMHC web site at **www.cmhc.ca** or contact the Project Officer, Responsive Programs by e-mail at erp@cmhc-schl.gc.ca, or by regular mail: Project Officer, Responsive Programs, External Research Program, Policy and Research Division, Canada Mortgage and Housing Corporation, 700 Montreal Road, Ottawa ON K1A 0P7.

To find more *Research Highlights* plus a wide variety of information products, visit our Web site at

www.cmhc.ca

or contact:

Canada Mortgage and Housing Corporation
700 Montreal Road
Ottawa, Ontario
K1A 0P7

Phone: 1 800 668-2642
Fax: 1 800 245-9274

OUR WEB SITE ADDRESS: www.cmhc.ca

Although this information product reflects housing experts' current knowledge, it is provided for general information purposes only. Any reliance or action taken based on the information, materials and techniques described are the responsibility of the user. Readers are advised to consult appropriate professional resources to determine what is safe and suitable in their particular case. Canada Mortgage and Housing Corporation assumes no responsibility for any consequence arising from use of the information, materials and techniques described.

63916

LE POINT EN RECHERCHE

Avril 2005

Série socio-économique 05-011

ÉVALUATION DE L'EXIGENCE PHYSIQUE À MONTER DES RAMPES D'ACCÈS EN FAUTEUIL ROULANT MANUEL

INTRODUCTION

Les obstacles qui rendent difficile et parfois même impossible l'accès des personnes handicapées à des aires publiques, à des bâtiments publics et à des résidences privées sont souvent source d'isolement social. Au cours des 15 dernières années, des politiques sociales ont été élaborées pour tenter de réduire au minimum ces obstacles.

Lorsqu'il s'agit de rendre un bâtiment accessible pour une personne en fauteuil roulant, la construction d'une rampe devient généralement le choix privilégié. Il existe diverses normes de pente pour les rampes d'accès pour fauteuil roulant[1]. La pente la plus fréquemment proposée, tant pour l'accessibilité universelle que personnelle, est de 1 : 12[2], c'est-à-dire une rampe qui progresse d'une unité à chaque 12 unités de longueur.

La SCHL recommande de prévoir une rampe présentant une pente de 1 : 20 pour les personnes de 65 ans et plus, et d'éviter les pentes supérieures à 1 : 12[3]. Le *Code national du bâtiment du Canada (CNB)*[4] recommande généralement une pente de 1 : 20, car celle-ci est moins dangereuse et moins fatigante. Selon le CNB, même une pente de 1 : 16 serait difficile à maîtriser pour certaines personnes à mobilité réduite, voire dangereuse à descendre, particulièrement en hiver.

Par contre, le gouvernement du Québec autorise une pente de 1 : 8[5]. La SCHL recommande également une pente de 1 : 8 dans le cas d'une rampe intérieure de 2,5 m de longueur, lorsqu'il est impossible de faire autrement[6]. Les auteures Martel et De Sart indiquent quant à elles, que la pente de 1 : 8 est réservée à l'usage exclusif du fauteuil roulant motorisé[7].

Kushner, Falta et Aitkens soulignent que la pente la plus fréquemment utilisée est de 1 : 12, mais lorsqu'il s'agit de courtes distances, on peut tolérer les pentes de 1 : 10 et de 1 : 8[8].

Il est parfois difficile de construire des rampes aux pentes très douces dans des bâtiments existants, à cause du manque d'espace. En outre, la démonstration scientifique de l'effort physique requis par des pentes de 1 : 10, de 1 : 12 et de 1 : 20 est rare dans la littérature. De plus, la majorité des quelques études menées sur le sujet sont limitées du fait qu'elles ont été réalisées majoritairement auprès d'une population souffrant d'une blessure médullaire, composée principalement d'hommes paraplégiques en excellente forme physique[9].

L'objectif principal de la recherche consistait à mesurer l'effort physique requis de la part de sujets en pleine possession de leurs moyens pour monter une rampe d'accès en fauteuil roulant pour chacune des pentes les plus fréquemment utilisées – 1 : 10, une pente un peu plus douce de 1 : 12 et une autre plus douce encore de 1 : 20.

La recherche a été menée au Centre de recherches en sciences naturelles et en génie (CRSNG), dans le laboratoire de mobilité de la Chaire industrielle de recherches sur les aides techniques à la posture, situé au pavillon Jean-Brillant de l'École Polytechnique de Montréal.

MÉTHODE

Les chercheurs ont calculé l'efficacité mécanique exigée des participants à l'étude pour la montée de chaque rampe en fauteuil roulant. L'efficacité mécanique a été mesurée à l'aide des rapports de force musculaire, soit la force de poussée déployée pour monter une rampe d'accès, sur la force maximale de poussée que le sujet pouvait produire.

L'étude avait pour objectif de vérifier deux hypothèses de recherche :

1. que l'effort physique varie selon la pente utilisée;
2. que la capacité à mouvoir un fauteuil roulant varie avec l'âge.

SÉLECTION DES SUJETS

L'échantillon de sujets choisis pour participer à l'étude était composé de 39 hommes et femmes qui, normalement, n'utilisaient pas de fauteuil roulant, et dont l'âge variait entre 18 et 64 ans. L'échantillon a été scindé en deux groupes d'âge : 18 à 39 ans et 40 à 64 ans.

ESSAIS

Les essais se sont déroulés en quatre étapes. Au cours de la première étape, les chercheurs ont mesuré la force isométrique maximale exercée par chaque sujet, en situation statique, c'est-à-dire, la force maximale que le sujet déploie pour rouler le fauteuil

Canada

SCHL CMHC
AU CŒUR DE L'HABITATION

roulant, sur place (les roues arrière reposant sur un dispositif à rouleaux). Dans les trois étapes successives, les chercheurs ont évalué l'efficacité mécanique de la propulsion manuelle, pendant de courtes périodes, pour chacune des trois pentes à l'étude.

Les sujets ont utilisé un fauteuil roulant manuel à dossier et à siège courants[10]. Le cerceau de propulsion du fauteuil roulant a été remplacé par un cerceau instrumenté permettant de mesurer les forces exercées, à l'aide de la roue SmartWheel[11].

Les roues arrière du fauteuil roulant reposaient sur un dispositif à rouleaux. Les roues avant étaient fixées sur une plate-forme pouvant s'incliner de manière à simuler les trois pentes.

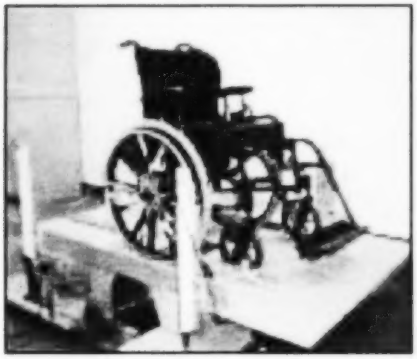

Photo 1 : Montage expérimental

DÉROULEMENT DES ESSAIS

Une étudiante au doctorat en génie biomédical a été chargée du fonctionnement des appareils et de la prise de mesures. Une étudiante de premier cycle en ergothérapie était responsable du recrutement des participants et du déroulement de l'expérimentation.

Les travaux consistaient à enregistrer les mesures de force anthropométrique et de préhension; à effectuer une étude statique au cours de laquelle les participants prenaient place dans un fauteuil roulant afin que soient mesurées les forces isométriques, selon deux angles différents de positionnement de la main sur le cerceau de propulsion, soit de 0° et de 30°; et à procéder à une étude dynamique, au cours de laquelle le sujet prenait place dans le fauteuil roulant installé sur le dispositif à rouleaux, et monter à trois reprises, une rampe de 10 m de longueur, pour chacune des trois pentes à l'étude. Une période de repos de 5 minutes entre chaque essai a été accordée. La durée totale des essais a été de 90 minutes pour chaque participant.

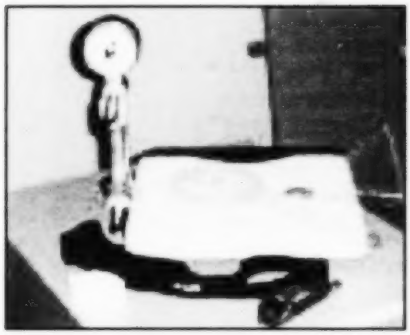

Photo 2 : Instruments utilisés pour les mesures anthropométriques.

Analyse et traitement des données

Le traitement des données a été effectué à l'aide de l'analyse de variance (ANOVA)[12] en fonction de deux facteurs (âge et pente de la rampe), et d'un logiciel de statistiques[13]. La force isométrique volontaire (force la plus élevée que le sujet a exercée sur le cerceau de propulsion) a été mesurée à partir de la roue SmartWheel (étude statique). Pour l'étude dynamique, la force totale mesurée était constituée de la résultante des forces tangentielles, radiales et axiales. La force totale la plus élevée a été retenue pour chacun des cycles. Les chercheurs ont calculé la moyenne de ces forces totales. La force tangentielle et la force totale ont été calculées de la même façon.

RÉSULTATS

L'étude dont il est question ici a montré que l'efficacité mécanique varie considérablement lorsque la personne en fauteuil roulant monte une rampe d'accès ayant une pente de 1 : 20 plutôt qu'une pente de 1 : 12 ou de 1 : 10[14]. La rampe présentant un rapport de 1 : 20 est plus facile à monter que les rampes dont le rapport est de 1 : 12 ou de 1 : 10.

En se fondant tant sur la littérature actuelle[15], que sur les commentaires subjectifs des sujets lors des essais et les observations empiriques d'usagers de fauteuils roulants dans leur quotidien, les chercheurs s'attendaient à une différence considérable sur le plan de l'effort physique requis pour gravir une rampe dont la pente est de 1 : 12 ou de 1 : 10. Tel qu'on l'a soulevé dans l'étude de Sanford[16], non seulement la pente de 1 : 10 est-elle considérée beaucoup trop difficile à monter, mais il semble qu'une pente de 1 : 12 serait également trop abrupte.

Toutefois, la recherche ne révèle aucune différence importante quant à l'effort physique requis lorsque la pente est de 1 : 12 ou de 1 : 10. L'efficacité mécanique est similaire pour les deux.

Il ne semble pas, selon les constats qui se dégagent de cette étude, que l'âge influe sur la capacité de monter les rampes présentant les pentes étudiées, soit 1 : 10, 1 : 12 et 1 : 20, à tout le moins entre les deux groupes de 18 à 39 ans et de 40 à 64 ans[17].

Photo 3 : Montage expérimental de l'étude statique.

À la lumière des résultats de cette étude, les intervenants tels que les ergothérapeutes, les professionnels responsables de la construction des bâtiments, notamment les architectes, et les décideurs, c'est-à-dire les législateurs, devraient songer à planifier la construction des rampes d'accès selon une pente maximale de 1 : 20. Cette dernière pente est moins exigeante sur le plan physique et répond aux besoins d'un plus large éventail d'utilisateurs de fauteuils roulants.

Même si, subjectivement, les utilisateurs de fauteuils roulants et les participants à cette étude ont indiqué que l'effort physique requis était plus important lorsque la rampe avait une pente de 1 : 10 que lorsque cette dernière était de 1 : 12, les résultats de l'étude révèlent qu'il n'y a pas de différence notable.

Le principal obstacle à la construction de rampes d'accès ayant une pente de 1 : 20 dans les bâtiments existants provient du manque d'espace. La rampe de 1 : 10 est avantageuse sur le plan économique, car étant moins longue, elle requiert moins d'espace et coûte moins cher.

Un élément observé empiriquement doit toutefois être pris en considération dans le cas de rampes plus abruptes : le risque que le fauteuil roulant bascule vers l'arrière. L'étude de Sanford[18] soulève cette inquiétude formulée par des utilisateurs de fauteuils roulants à l'égard de rampes trop abruptes. Cet élément doit donc être considéré lors de la conception des rampes d'accès.

Les influences climatiques telles que le vent, la glace, la neige et la pluie n'ont pas été étudiées. Ces variables peuvent influer sur la capacité des sujets à monter une rampe d'accès, mais surtout à la descendre. D'autres études portant sur ces facteurs climatiques et sur les exigences physiques et les risques lors de la descente de rampes d'accès méritent d'être menées.

CONCLUSION

Les résultats offrent matière à réflexion quant à l'application des normes actuellement recommandées en matière de rampes d'accès. Compte tenu des données scientifiques présentées, l'utilisation de la rampe dont le rapport est de 1 : 20 en facilite l'utilisation. À défaut de pouvoir la mettre en oeuvre dans des bâtiments existants en raison du manque d'espace, la rampe dont le rapport est de 1 : 10 serait préférable à la rampe de 1 : 12, parce qu'elle requiert moins d'espace et ne semble pas plus exigeante physiquement.

Il faudrait toutefois réaliser des études auprès de la population âgée de 65 ans et plus, et auprès des utilisateurs de fauteuils roulants, et explorer les risques de basculer lors de la descente en fauteuil roulant des rampes d'accès conformes aux normes.

---

[1] Cappozzo, A., F. Felici, F. Figura, M. Marchetti et B. Ricci (1991), *Prediction of Ramp Traversability for Wheelchair Dependent Individuals*, Paraplegia, 29 (7), 470-478, Betty Dion Enterprises Ltd. en partenariat avec le Canadian Institute on Barrier-Free Design (2000), *Les meilleures pratiques de conception universelle au Canada et à l'étranger : étude comparative*, pour le compte d'Agriculture et Agroalimentaire Canada et de l'Agence canadienne d'inspection des aliments.

[2] Conseil national de recherches du Canada (1995), Kushner, C., P.L. Falta et A. Aitkens (1983), *Comment rendre votre logement accessible : guide du consommateur handicapé*, Ottawa, Conseil canadien de l'habitation et Direction générale de l'analyse des politiques de la recherche et de la liaison, Bureau de la coordination des politiques, Consommation et corporations Canada.

[3] Société canadienne d'hypothèques et de logement (SCHL), 1982, *Logements pour les handicapés*, Ottawa, Société canadienne d'hypothèques et de logement (SCHL), 1987, *Logements pour les personnes âgées : guide de conception*, Ottawa.

[4] Conseil national de recherches du Canada, 1995, *Code national du bâtiment*, Canada 1995 (11e édition), Annexe A, Ottawa, Commission canadienne des codes du bâtiment et de prévention des incendies, Conseil national de recherches du Canada.

[5] Gouvernement du Québec, 1985.

[6] Société canadienne d'hypothèques et de logement (SCHL), 1982, *Logements pour personnes handicapées*.

[7] Martel, S. et M.D. Sart (1988), *Accès cible*, Montréal, Éditions Saint-Martin, Institut de réadaptation de Montréal.

[8] Kushner, C., P.L. Falta, et A. Aitkens (1983), *Comment rendre votre logement accessible : guide du consommateur handicapé*, Ottawa, Conseil canadien de l'habitation et Direction générale de l'analyse des politiques de la recherche et de la liaison, Bureau de la coordination des politiques, Consommation et corporations, Canada.

[9] Cappozzo, A., F. Felici, F. Fifura, M. Marchetti et B. Ricci (1991), *Prediction of Ramp Traversability for Wheelchair Dependent Individuals*, Paraplegia, 29 (7), 470-478. Canale, I., F. Felici, M. Marchetti et B. Ricci (1991), *Ramp Length/ Grade Prescriptions for Wheelchair Dependent Individuals*, Paraplegia, 29 (7), 479-485.

[10] Un fauteuil roulant manuel Prima fabriqué par Orthofab Inc., Québec.

[11] La roue SmartWheel est une jante dotée de capteurs de contrainte situés sur trois tubes disposés à 120°. Le calibrage permet le calcul du point d'application de la force ainsi que les trois composantes de la force appliquée : axiale, radiale et tangentielle. Asato, K.T., R.A. Cooper, R.N. Robertson et J.F. Ster (1993), *SMARTWheels: Development and Testing of a System for Measuring Manual Wheelchair Propulsion Dynamics, IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, 40, (12), 1320-1324.

[12] Fleiss, J. L. (1986), *The Design and Analysis of Clinical Experiments*, New York, Toronto, Wiley.

[13] BMDP Statistical Software Inc. (1993). BMDP/DYNAMIC (Version 7.0) {Logiciel informatique}, Los Angeles, CA.

[14] $F = 49{,}34$, degré de liberté = 2,74, $p < 0{,}001$

[15] Sanford, J. A., M.F. Story et M.L. Jones (1997), *An Analysis of the Effects of Ramp Slope on People with Mobility Impairments*, Assistive Technology, 9 (1), 22-23, Conseil national de recherches du Canada (1995), Code national du bâtiment, Canada (11e édition – 1995), Annexe A, Ottawa, Commission canadienne des codes du bâtiment et de prévention des incendies, Conseil national de recherches du Canada.

[16] Sanford et coll. (1997).

[17] $F = 1{,}40$, Degré de liberté= 1,37, $p = 0{,}2446$

[18] Sanford et coll. (1997)

Gestionnaire de projet de la SCHL : Luis Rodriguez, Division de la politique et de la recherche

Consultants: Jacqueline Rousseau, Ph.D.
Professeure agrégée, Université de Montréal, École de réadaptation, programme d'ergothérapie, et chercheure au Centre de recherche de l'institut universitaire de gériatrie de Montréal.

Rachid Aissaoui, Ph.D.
Professeur agrégé, École de technologie supérieure (ÉTS), Département de génie de la production automatisée.

Daniel Bourbonnais, Ph.D.
Professeur titulaire, Université de Montréal, École de réadaptation, programme d'ergothérapie, et chercheur au Centre de recherche de l'Institut de réadaptation de Montréal.

Ce projet a été réalisé (ou : réalisé en partie) grâce au soutien financier de la Société canadienne d'hypothèques et de logement (SCHL) dans le cadre de son Programme de subventions de recherche, subventions qui sont octroyées au terme d'un concours annuel. Les idées exprimées sont toutefois celles de l'auteur (ou : des auteurs) et ne représentent pas la position officielle de la SCHL. Pour en savoir plus sur ce programme, visitez le site Web de la SCHL à **www.schl.ca** ou communiquez avec l'agent de projets, Recherche d'initiative privée, par courriel, à erp@cmhc-schl.gc.ca, ou par la poste à : Agent de projets, Recherche d'initiative privée, Programme de subventions de recherche, Division de la recherche et des politiques, Société canadienne d'hypothèques et de logement, 700 chemin de Montréal, Ottawa (Ontario) K1A 0P7.

Pour consulter d'autres feuillets *Le Point en recherche* et pour prendre connaissance d'un large éventail de produits d'information, visitez notre site Web à

www.schl.ca

ou communiquez avec la

Société canadienne d'hypothèques et de logement
700, chemin de Montréal
Ottawa (Ontario)
K1A 0P7

Téléphone : 1 800 668-2642
Télécopieur : 1 800 245-9274

NOTRE ADRESSE SUR LE WEB : www.schl.ca

Bien que ce produit d'information se fonde sur les connaissances actuelles des experts en habitation, il n'a pour but que d'offrir des renseignements d'ordre général. Les lecteurs assument la responsabilité des mesures ou décisions prises sur la foi des renseignements contenus dans le présent ouvrage. Il revient aux lecteurs de consulter les ressources documentaires pertinentes et les spécialistes du domaine concerné afin de déterminer si, dans leur cas, les renseignements, les matériaux et les techniques sont sécuritaires et conviennent à leurs besoins. La Société canadienne d'hypothèques et de logement se dégage de toute responsabilité relativement aux conséquences résultant de l'utilisation des renseignements, des matériaux et des techniques contenus dans le présent ouvrage.

63917